



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant: Young-Ho Cho

Title: MICROENERGY DEVICE FOR PRODUCING
MECHANICALLY MODULATED MICROENERGY OUTPUT
FROM DIGITAL MICROENERGY INPUT

Serial No.: 10/645,985

Filing Date: 22 August 2003

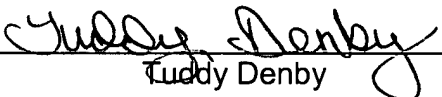
Examiner/Unit: /2838

Attorney Docket No.: 1768-25-3

TRANSMITTAL LETTER

CERTIFICATE OF MAILING OR TRANSMISSION

I hereby certify that this correspondence is being deposited in the United States Postal Service as First Class Mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, Washington, D.C., on this 4th day of May, 2004.

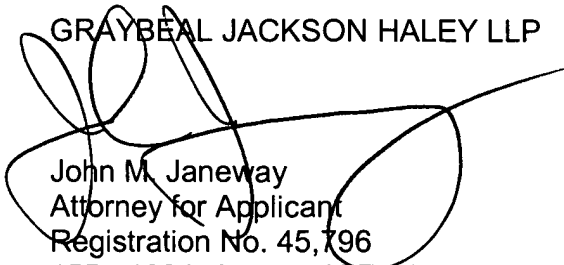

Luddy Denby

TO THE COMMISSIONER FOR PATENTS:

Transmitted herewith is the priority document Korean patent application No. 10-2002-0049747 for filing in the above application.

Respectfully submitted,

GRAYBEAL JACKSON HALEY LLP


John M. Janeway
Attorney for Applicant
Registration No. 45,796
155 - 108th Avenue N.E., Suite 350
Bellevue, WA 98004-5901
(425) 455-5575



별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto is a true copy from the records of the Korean Intellectual Property Office.

출원번호 : 10-2002-0049747
Application Number

출원년월일 : 2002년 08월 22일
Date of Application

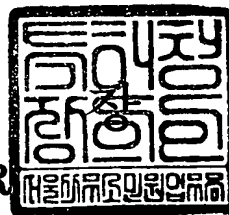
출원인 : 한국과학기술원
Applicant(s) Korea Advanced Institute of Science and Technology



2003 년 08 월 19 일

특 허 청

COMMISSIONER



【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2002.08.22
【발명의 명칭】	미소동력장치
【발명의 영문명칭】	Micropower devices
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【대리인】	
【성명】	전영일
【대리인코드】	9-1998-000540-4
【포괄위임등록번호】	1999-050824-9
【발명자】	
【성명의 국문표기】	조영호
【성명의 영문표기】	CH0, Young Ho
【주민등록번호】	570810-1674523
【우편번호】	305-390
【주소】	대전광역시 유성구 전민동 엑스포 아파트 307-808
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 전영일 (인)
【수수료】	
【기본출원료】	20 면 29,000 원
【가산출원료】	12 면 12,000 원
【우선권주장료】	0 건 0 원
【심사청구료】	17 항 653,000 원
【합계】	694,000 원
【감면사유】	정부출연연구기관
【감면후 수수료】	347,000 원
【첨부서류】	1. 요약서·명세서(도면)_1통

【요약서】**【요약】**

본 발명은 미래 고성능 복합정보 기기에서 요구되는 정밀도가 높은 미소에너지를 발생시키는 미소동력장치에 관한 것이다. 본 발명의 미소동력장치는 미소동력 발생부와 기계적 미소변조기를 포함하는 구성으로, 입력되는 디지털 제어신호에 따라 구동하는 적어도 하나 이상의 단위 디지털 미소동력기로 이루어진 미소동력 발생부의 출력을 기계적 미소변조기가 기계적으로 변조하여 미소에너지를 최종 출력한다.

【대표도】

도 2

【색인어】

기계적 미소변조기, 미소동력장치, 미소에너지, 미소동력시스템, 고정도

【명세서】**【발명의 명칭】**

미소동력장치{Micropower devices}

【도면의 간단한 설명】

도 1은 종래 기술에 따른 미소동력장치의 개략적인 구성도.

도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 미소동력장치의 블록 구성도.

도 3은 미소영역에서 기계적 잡음의 한계가 전기적 잡음의 한계보다 더 작음을 보여주는 그래프.

도 4는 기계적 미소에너지의 하나인 변위를 최종 출력하는 제1 실시예에 따른 미소동력장치의 실시예도.

도 5는 도 4의 미소동력장치에서 하나의 단위 디지털 미소동력기가 동작할 때의 모델링.

도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 미소동력장치의 다른 실시예도.

도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 미소동력장치의 또 다른 실시예도.

도 8은 도 7의 미소동력장치에 충분히 긴 시간 간격을 두고 두 개의 디지털 입력이 인가되었을 때의 입력과 최종출력 파형도.

도 9는 도 7의 미소동력장치에 아주 짧은 시간 간격을 두고 두 개의 디지털 입력이 인가되었을 때의 입력과 최종출력 파형도.

【발명의 상세한 설명】

【발명의 목적】

【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】

- <10> 본 발명은 MEMS(Micro Electro Mechanical System)에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 미소동력장치가 만족해야할 가장 중요한 특성인 정밀도가 높은 미소에너지를 발생시킬 수 있는 미소동력장치에 관한 것이다.
- <11> 여기에서, 미소동력장치라고 함은 미세하게 제어되는 미소에너지를 출력하는 장치를 통칭하는 것이다. 상기 미소에너지에는 힘, 변위, 속도, 운동량, 압력, 유량, 유속, 온도, 열, 열유동, 반응 에너지 등이 있을 수 있다.
- <12> 이러한 미소동력장치는 미소에너지를 출력하는 원리에 따라 구분될 수 있는데, 예를 들어, 압전 미소동력장치, 정전기력 미소동력장치, 전자기력 미소동력장치, 열팽창 미소동력장치 등이 있다.
- <13> 이에, MEMS 분야는 상기 미소에너지에 따라 Bio-MEMS, Power-MEMS, Micro-fluidics, RF-MEMS, Optical-MEMS 등으로 나눌 수 있다. 따라서, 미소동력장치는 Power-MEMS인 경우에 마이크로 액츄에이터 (Microactuator), Micro-fluidics인 경우에 마이크로 펌프, Optical-MEMS인 경우에 마이크로 미러에 해당한다.
- <14> 이러한 미소동력장치에 관한 기술은 다음의 공지된 자료를 통해 확인할 수 있다.
- <15> [Electrostatically actuated gas microvalve based on a Ta-Si-N membrane
- <16> Dubois, Ph.; Guldemann, B.; Gretillat, M.-A.; de Rooij, N.F.

- <17> Micro Electro Mechanical Systems, 2001. MEMS 2001. The 14th IEEE International Conference on , 2001 Page(s): 535 -538] 과,
- <18> [Y.-H. Jin, K.-S. Seo, Y.-H. Cho, S.-S. Lee, K.-C. Song, and J.-U. Bu,
- <19> "An SOI Optical Microswitch integrated with Silicon Waveguides and Touch-down Micromirror Actuators," Proc. 3th Int. Conf. Optical MEMS 2000 (MOEMS 2000), Kauai, U.S.A. (Aug. 21-24, 2000) pp.43-44.]
- <20> 위와 같은 종래의 미소동력장치는 도 1에 도시된 바와 같이, 전기적 변조기(1)와 아날로그 미소동력기(2)로 이루어져 있다.
- <21> 전기적 변조기(1)는 입력되는 제어신호에 부합되는 전기에너지를 발생시켜 이를 아날로그 미소동력기(2)로 전달하는 기능을 가지며, 아날로그 미소동력기(2)는 전기적 변조기(1)에서 입력되는 전기에너지에 대응하는 미소에너지를 출력하는 기능을 갖는다.
- <22> 상기 종래의 미소동력장치는 외부에서 디지털신호의 형태로 공급되는 제어신호를 받은 전기적 변조기(1)가 그 제어신호에 따라 아날로그 미소동력기(2)로 공급하는 전기에너지를 변조시키며, 아날로그 미소동력기(2)는 전기적 변조기(1)로부터 입력되는 전기에너지의 변화량에 상응하는 미소에너지를 발생시키는 것이다.
- <23> 그런데, 이러한 종래의 미소동력장치의 동작 방식을 이용하여 고정도 미소에너지를 얻기 위하여서는 다음 세 가지의 문제점이 존재한다.
- <24> 하나는 전기적 신호에 섞인 오차에 의해 미소에너지의 크기가 영향을 받는다는 문제점이다.

<25> 예를 들어, 우리가 다루는 미소에너지가 구동변위일 경우에 대해서 살펴보자. 일반적으로 10V의 전기적 신호에 섞이는 잡음의 하한은 1~10mV인데 반하여, 10V의 신호를 이용하여 1mm 범위와 1nm의 정도를 가지는 구동변위를 제어하기 위해서는 10 μ V까지 전압을 제어하여야 하므로, 현재의 기술로 도달하기 어려운 점이 존재한다.

<26> 다른 하나는 UV를 기초로 제작되는 현 미소기전집적시스템(MEMS) 소자에 있어서는 제작된 소자가 0.1~0.5 μ m의 제작공차를 가지게 된다는 점으로, 이 제작공차에 의해 미소에너지의 정밀한 제어가 어려워지는 점이 있다.

<27> 다른 하나는 미소기전집적시스템(MEMS) 소자를 이루는 물질의 물성치의 불확실성이다.

<28> 미소기전집적시스템(MEMS) 소자를 이루는 물질은 대부분 박막공정으로 이루어지는데, 이것의 물성은 공정조건과 수행된 공정에 따라 변하게 되어 미소에너지의 제어에 영향을 미치게 된다.

【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<29> 본 발명에서는 위와 같은 문제점을 해결하기 위한 것으로, 종래의 기술로 제작된 미소동력장치가 만족하기 힘든 특성인 고정도 미소에너지의 재현성 있는 발생을 실현하는 것을 목적으로 한다.

【발명의 구성 및 작용】

<30> 상기한 기술적 과제를 달성하기 위한 특징에 따른 본 발명의 미소동력장치는, 미소 에너지를 발생시키는 미소동력발생부 및, 상기 미소동력발생부에서 생성된 미소 에너지를 기계적으로 변조하여 미소 에너지를 출력하는 기계적 미소변조기를 포함한다. 상기 미

소동력발생부는 항상 일정하게 유지되는 서로 다른 두 개의 미소동력 중에서 어느 하나의 미소동력을 선택적으로 발생시키게 구성된 단수 혹은 다수의 단위 디지털 미소동력기를 포함하게 된다.

<31> 이하, 첨부한 도면을 참조로 본 발명의 실시예에 따른 미소동력장치 및 미소동력시스템을 설명한다.

<32> 도 2는 본 발명의 제1 실시예에 따른 미소동력장치의 블록 구성도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 미소동력장치는 미소동력발생부(100)와 기계적 미소변조기(200)를 포함한다.

<33> 상기 미소동력발생부(100)와 기계적 미소변조기(200)를 포함하는 본 발명의 미소동력장치는 사용자가 원하는 미소에너지를 최종적으로 출력하여야 하며, 이를 위해 본 발명의 미소동력장치로 원하는 미소에너지가 출력되게 하는 디지털 신호가 공급되어야 한다.

<34> 이런 전제 조건에 따라, 미소동력발생부(100)는 외부로부터 입력되는 디지털 신호에 의해 동작하여 미소에너지를 발생한다.

<35> 이때, 미소동력발생부(100)는 적어도 하나 이상의 단위 디지털 미소동력기(101, ...)를 포함하고 있으며, 각각의 단위 디지털 미소동력기(101, ...)는 외부로부터 입력되는 디지털 신호(즉, 구동신호)에 동작하여 기 설정된 일정 단위의 미소에너지를 발생시킨다.

<36> 따라서, 디지털 신호가 제공되면, 다수의 단위 디지털 미소동력기(101, ...) 중에 입력되는 디지털 신호에 부응하는 단위 디지털 미소동력기가 구동하게 된다.

- <37> 여기서, 단위 디지털 미소동력기(101)의 동작 원리를 설명한다.
- <38> 단위 디지털 미소동력기(101)는 정전, 압전, 전자기, 열팽창, 상변화 등의 원리 중 하나에 따라 동작하며, 이러한 동작 원리에 따라 정전형 미소동력기, 전자기형 미소동력기, 압전형 미소동력기, 열팽창형 미소동력기, 상변화형 미소동력기 등으로 구분된다.
- <39> 정전형 미소동력기는 말 그대로 정전기를 이용한 동력발생기로, 두개의 전극에 서로 반대의 전하가 모여있을 경우, 그것이 서로 당기는 힘이 생기는 것을 이용한다. 압전형 미소동력기는 전기장이 가해지면 변형(strain)이 생기는 압전형 물질(piezoelectric material)을 이용한다. 전자기형 미소동력기는 로렌츠 힘을 이용한 동력발생기로, 동력을 발생시키고자 하는 곳에 전류가 흐를 수 있는 도선을 형성하고, 주위에 자기장을 만들어 동력을 발생시키는 방법을 사용한다.
- <40> 또한, 열팽창 미소동력기는 바이메탈(bimetal) 스위치와 같은 것으로, 전기로 가해되어 발생하는 열에너지에 의해서 물체가 팽창하는 것을 이용한다. 이때, 열팽창 미소동력기에 이용되는 물체는 고체도 될 수 있고, 유체(기체 혹은 액체)가 될 수 있다. 상변화 미소동력기는 잉크젯 프린터에서 잉크가 튀어 나오는 것과 같이 물질이 상변화를 일으킬 때 나타나는 부피변화를 이용하는 동력발생기이다.
- <41> 당업자라면 상기와 같은 원리를 이용하여 단위 디지털 미소동력기(101)를 제작하는 것이 용이하지만, 이해를 돕기 위해 정전기력의 원리를 이용하여 정전형 단위 미소동력기를 제작하는 일예를 설명한다.
- <42> 정전형 단위 미소동력기는 두 개의 도전판을 서로 마주보도록 설치한다. 즉, 하나를 바닥에 고정시키고, 다른 하나를 스프링에 의해 지지되어 공중에 위치시킨다. 상기

고정된 도전판을 고정판이라 하고, 공중에 위치한 도전판을 이동판이라 명한다. 그리고, 입력되는 신호로 두 도전판 사이에 전위차가 발생시킨다. 이에, 이동판은 정전력에 의해 이동하게 되고. 이때의 상기 이동판의 이동이 미소 에너지가 된다. 여기서, 단위 미소 동력기는 입력되는 신호의 크기에 무관하게 설정된 일정 크기의 미소에너지만을 발생시키도록 이동하는 고정판의 이동범위를 제한한다. 즉, 이동판의 앞과 뒤에 이동을 제한하는 벽을 설치하여 입력되는 신호의 크기에 무관하게 설치된 벽에 의해 정해진 범위까지만 이동시킴으로써 단위 미소에너지가 발생되게 한다.

<43> 미소동력발생부(100)에서 발생된 미소 에너지는 기계적 미소변조기(20)에 전달된다.

<44> 기계적 미소변조기(200)는 상기 하나 혹은 다수의 단위 디지털 미소동력기(101)로부터 단위 미소에너지를 입력받아 이를 기계적으로 변조하여 최종 출력하는 역할을 수행한다.

<45> 여기서 기계적 변조라 함은 단속, 증폭, 감축, 여과, 디지털/아날로그 변환 및 아날로그/디지털 변환, 정류 등을 일컫는다.

<46> 단속은 단위 디지털 미소동력기(101)로부터 입력되는 미소에너지를 그대로 출력하거나 전혀 출력하지 않는 것이고, 증폭은 입력되는 미소에너지의 크기보다 출력 에너지의 크기를 일정한 비율만큼 크게 하여 출력하는 것이며, 감축은 입력되는 미소에너지의 크기보다 출력 미소에너지의 크기를 일정한 비율만큼 작게 하여 출력하는 것이고, 여과는 입력되는 미소에너지에 포함된 오차나 기타 필요로 하지 않는 성분을 걸러내어 출력하는 것이며, 디지털/아날로그 변환 및 아날로그/디지털 변환은 디지털 입력 미소에너지로부터 아날로그 미소에너지를 출력하는 디지털/아날로그 변환 및 아날로그 입력 미소에

너지로부터 디지털 미소에너지를 출력하는 것이고, 정류는 미소에너지가 흐르는 방향을 한 방향으로 일정하게 통제하는 기능을 말한다.

<47> 여기서, 상기 기계적 미소변조기(200)에서 수행되는 변조 기능 기능들은 입력 미소에너지와 출력 미소에너지의 비가 항상 일정하게 유지되는 선형 방식으로 수행되거나, 입력 미소에너지의 크기에 따라 입력 미소에너지와 출력 미소에너지의 비가 달라지는 비선형 방식으로 수행된다.

<48> 한편, 이러한 기계적 미소변조기(200)는 미소구조물, 미소기구, 미소유체요소, 미소열요소, 미소화학요소 등으로 구성된다. 기계적 미소변조기를 구성하는 요소들은 기계적 미소변조기가 변조하는 미소에너지의 종류에 따라 달라지는 것으로 주로 다음과 같이 구분될 수 있다.

<49> 기계적 미소변조기가 힘, 변위, 속도, 운동량 등의 기계적인 미소에너지를 변조할 경우 스프링, 지레, 기어 등과 같은 미소구조물 및 미소기구를 이용하여 기계적 미소변조기를 구성하게 된다.

<50> 기계적 미소변조기가 압력, 유량, 유속 등의 유체적인 미소에너지를 변조할 경우 유동저항, 미소채널 등과 같은 미소유체요소를 이용하여 기계적 미소변조기를 구성하게 된다.

<51> 기계적 미소변조기가 온도, 열, 열 유동 등의 열적인 미소에너지를 변조할 경우 열 파이프 (heat pipe), 열저항(heat resistance) 등과 같은 미소열요소를 이용하여 기계적 미소변조기를 구성하게 된다.

- <52> 기계적 미소변조기가 반응에너지 등의 화학적인 미소에너지를 변조할 경우 반응기와 같은 미소화학요소를 이용하여 기계적 미소변조기를 구성하게 된다.
- <53> 또한, 기계적 미소변조기(200)는 기계적 미소에너지에서 유체적 미소에너지로 한 종류의 미소에너지를 다른 종류의 미소에너지로 변환하여 변조하는 기능을 수행할 수 있다. 이와 같은 경우에 기계적 미소변조기는 두 종류의 미소에너지에 모두 관계되는 미소요소로 구성되게 된다.
- <54> 상술한 바와 같이 본 발명의 단위 디지털 미소동력기(101)는 입력 신호의 크기에 상관없이 기 설정된 일정 단위의 출력 혹은 미소에너지를 발생시키는 특징이 있고, 이를 전기 신호의 영향을 받지 않는 기계적 미소변조기에 의하여 변조하므로 미소동력장치의 최종출력은 전기적 신호에 영향을 받지 않게 된다.
- <55> 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 미소동력장치의 최종출력은 전기적 잡음에 의해 영향을 받지 않고 기계적 잡음에 의한 영향만을 받게 되는데, 이러한 공지 사실은 도 3에 도시되어 있다.
- <56> 도 3은 미소영역에서 기계적 잡음의 한계가 전기적 잡음의 한계보다 더 작음을 보여주는 그래프이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 전기신호에는 브라운니언 잡음층(brownian noise floor)이 나타난다. 이 브라운니언 잡음층은 전기적 신호를 발생시키는 모든 장치가 가지는 기계적인 신호 잡음이다. 그러므로, 전기적 신호에는 전기적 신호 자체 잡음 이외에 브라운니언 잡음이 더 포함되어 나타나게 된다. 그러나, 기계적 장치는 전기적 신호를 발생시키지 않으므로 브라운니언 잡음만을 가지게 되므로 전기적인 장치보다 적은 잡음을 가지게 된다.

- <57> 이러한 사실에 따라 미소영역에서는 기계적인 신호의 잡음이 전기적인 신호의 잡음보다 더 작음이 알려져 있다.
- <58> 그러므로, 기계적 변조를 수행하는 본 발명의 미소동력장치는 종래의 미소동력장치와는 달리 고정도 미소에너지의 발생이 가능해진다.
- <59> 이하, 도 4를 참조로 하여 도 2에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 미소동력장치의 구체적인 실시예를 설명한다.
- <60> 도 4에는 도 2에 도시된 미소동력발생부(100)와 기계적 미소변조기(200)의 구성이 상세하게 도시되어 있다.
- <61> 이 실시예에 따른 미소동력장치의 미소동력발생부(100)는 4개의 단위 디지털 미소동력기(101, 102, 103, 104)를 포함한다.
- <62> 각각의 단위 디지털 미소동력기(101 내지 104)는 디지털제어신호에 의해 구동변위가 0인 제1 위치와 구동변위가 X_{in} 인 제2 위치 중의 어느 하나의 위치만을 취하는 변위체를 포함한다. 변위체의 변위를 위한 에너지는 도 3의 에너지원으로부터 공급받지만, 입력에너지의 크기가 변하여도 변위체의 변위량은 영향을 받지 않는다. 즉, 입력에너지의 크기가 변하여도 변위체는 디지털제어신호의 값에 따라 제1 위치나 제2 위치 중의 어느 하나만을 정확하게 취하게 구성된다.
- <63> 에너지원으로서 전기에너지가 선호된 것은 다른 에너지원에 비해 입력에너지의 크기를 정밀하게 제어하기가 수월하기 때문인 바, 이 발명에서는 입력에너지의 크기를 정밀하게 제어할 것이 요구되지 않으므로, 전기에너지뿐만 아니라 다른 에너지원도 적절하게 이용될 수 있다.

- <64> 단위 디지털 미소동력기(101 내지 104)의 재료로는 압전물질이나 정전기감응물질이나 전자기감응물질 또는 열팽창물질 등이 양호하게 이용될 수 있지만, 이용하는 에너지원에 따라서는 다른 물질들도 적절하게 이용될 수 있다.
- <65> 이 실시예에 따른 기계적 미소변조기(200)는 8개의 스프링과 4개의 질량체가 조합된 메카니즘이다.
- <66> 이 메카니즘에서, 제1 스프링(211) 및 제2 스프링(212)은 동일한 강성 k 를 가지며, 서로 병렬관계로 배치되어 있고, 그 말단에는 제1 질량체(M1)가 부착되어 있다. 이러한 제1 스프링(211)과 제2 스프링(212) 및 제1 질량체(M1)가 조합된 부분을 제1 부분메카니즘이라고 칭한다. 제1 부분메카니즘에서 제1 질량체(M1)는 강성이 $2k$ 인 하나의 스프링에 의해 지탱된 질량체와 동일한 탄성거동을 행한다.
- <67> 제3 스프링(213)은 제1 질량체(M1)를 사이에 두고 제1 및 제2 스프링(211, 212)과 직렬관계로 배치되어 있으며, 제4 스프링(214)은 제1 내지 제3 스프링(211 내지 213)과 병렬관계로 배치되어 있고, 제3 및 제4 스프링(213, 214)의 말단에는 제2 질량체(M2)가 부착되어 있다. 이러한 제1 내지 제4 스프링(211 내지 214)과 제1 및 제2 질량체(M1, M2)가 조합된 부분을 제2 부분메카니즘이라고 칭한다. 제2 부분메카니즘에서 제1 내지 제3 스프링(211 내지 213)의 조합체의 강성을 계산한 값은 k 이므로, 제2 질량체(M2)는 강성이 k 이고 서로 병렬관계로 배치된 한 쌍의 스프링에 의해 지탱된 질량체, 또는 강성이 $2k$ 인 하나의 스프링에 의해 지탱된 질량체와 동일한 탄성거동을 행한다.
- <68> 제5 스프링(215)은 제2 질량체(M2)를 사이에 두고 제1 내지 제4 스프링(211 내지 214)과 직렬관계로 배치되어 있으며, 제6 스프링(216)은 제1 내지 제5 스프링(211 내지 215)과 병렬관계로 배치되어 있고, 제5 및 제6 스프링(215, 216)의 말단에는 제3

질량체(M3)가 부착되어 있다. 이러한 제1 내지 제6 스프링(211 내지 216)과 제1 내지 제3 질량체(M1 내지 M3)가 조합된 부분을 제3 부분메카니즘이라고 칭한다. 제3 부분메카니즘에서 제1 내지 제5 스프링(211 내지 215)의 조합체의 강성을 계산한 값은 k 이므로, 제3 질량체(M3)는 강성이 k 이고 서로 병렬관계로 배치된 한 쌍의 스프링에 의해 지탱된 질량체, 또는 강성이 $2k$ 인 하나의 스프링에 의해 지탱된 질량체와 동일한 탄성거동을 행한다.

<69> 제7 스프링(217)은 제3 질량체(M3)를 사이에 두고 제1 내지 제6 스프링(211 내지 216)과 직렬관계로 배치되어 있으며, 제8 스프링(218)은 제1 내지 제7 스프링(211 내지 217)과 병렬관계로 배치되어 있고, 제7 및 제8 스프링(217, 218)의 말단에는 제4 질량체(M4)가 부착되어 있다. 이러한 제1 내지 제8 스프링(211 내지 218)과 제1 내지 제4 질량체(M1 내지 M4)는 전체메카니즘을 이룬다. 전체메카니즘에서 제1 내지 제7 스프링(211 내지 217)의 조합체의 강성을 계산한 값은 k 이므로, 제4 질량체(M4)는 강성이 k 이고 서로 병렬관계로 배치된 한 쌍의 스프링에 의해 지탱된 질량체, 또는 강성이 $2k$ 인 하나의 스프링에 의해 지탱된 질량체와 동일한 탄성거동을 행한다.

<70> 이러한 스프링 메카니즘으로 구성된 기계적 미소변조기(200)의 기단은 미소동력발생부(100)에서 발생된 동력이 입력되는 입력부를 이루고, 제1 내지 4 질량체(M1 내지 M4)는 변조된 동력을 출력하는 출력스테이션을 이룬다.

<71> 이 실시예에 따른 기계적 미소변조기(200)의 제1 스프링(211)의 기단은 고정되어 있고, 제2 스프링(212)의 기단은 미소동력발생부(100)의 제1 단위 디지털 미소동력기(101)에 고정되어 있으며, 제4 스프링(214)의 기단은 미소동력발생부(100)의 제2 단위 디지털 미소동력기(102)에 고정되어 있고, 제6 스프링(216)의 기단은 미소동력발생부

(100)의 제3 단위 디지털 미소동력기(103)에 고정되어 있으며, 제8 스프링(218)의 기단은 미소동력발생부(100)의 제4 단위 디지털 미소동력기(104)에 고정되어 있다.

<72> 이하, 이 실시예에 따른 미소동력장치의 작동에 대해 설명하기로 한다.

<73> 먼저, 도 4에서 각각의 단위 디지털 미소동력기(101 내지 104)가 오른쪽으로 이동하여 있는 상태를 구동변위 0이라 하고, 왼쪽으로 이동하여 있는 상태를 구동변위 X_{in} 이라 한다.

<74> 첫째로, 제4 단위 디지털 미소동력기(104)가 구동변위 X_{in} 의 위치로 이동하는 경우를 살펴본다. 앞서 살펴본 바와 같이, 도 4에 도시된 제3 부분메카니즘, 즉 제1 내지 제7 스프링(211 내지 217)의 조합체의 강성이 k 이므로, 제4 질량체(M4)는 k 의 강성을 가진 한 쌍의 스프링으로 지탱된 질량체와 동일한 탄성거동을 한다. 그러므로, 그 중의 하나인 제8 스프링(218)의 기단을 X_{in} 만큼 이동시키면, 제4 질량체(M4)의 출력구동변위 X_{out} 은 입력구동변위 X_{in} 의 절반($1/2$)이 된다.

<75> 둘째로, 제3 단위 디지털 미소동력기(103)가 구동변위 X_{in} 의 위치로 이동하는 경우를 살펴본다. 앞서 살펴본 바와 같이, 도 4에 도시된 제2 부분메카니즘, 즉 제1 내지 제5 스프링(211 내지 215)의 조합체의 강성이 k 이다. 도 4에서 제2 부분메카니즘을 강성이 k 인 스프링(216')으로 대체하면 도 5에 보이듯이 간략하게 표현된다. 도 5에서 제3 질량체(M3)를 중심으로 한 스프링메카니즘의 강성을 계산해 보면, 제7 스프링(217)과 제8 스프링(218)은 서로 병렬관계이므로, 그 조합체의 강성은 3분의 $2k$ ($2k/3$)이다. 또한, 제3 질량체(M3)를 중심으로 볼 때, 이 조합체는 앞서의 제2 부분메카니즘을 대체한 스프링(216') 및 제6 스프링(216)과 병렬관계로 작용하는 스프링력을 가지므로, 제3 질량체(M3)는 k 의 강성을 가진 한 쌍의 스프링과 3분의 $2k$ 강성을 갖는 하나의 스프링으

로 지탱된 질량체, 또는 3분의 8k 강성을 갖는 하나의 스프링으로 지탱된 질량체와 동일한 탄성거동을 한다. 그러므로, 그 중의 하나인 제6 스프링(216)의 기단을 X_{in} 만큼 이동시키면, 제3 질량체(M3)의 출력구동변위 X_{out} 은 입력구동변위 X_{in} 의 8분의 3이 된다.

<76> 상기와 같은 방법으로, 제2 단위 디지털 미소동력기(102)가 구동변위 X_{in} 만큼 이동되면, 제2 질량체(M2)의 출력구동변위 X_{out} 은 입력구동변위 X_{in} 의 8분의 1이 되고, 제1 단위 디지털 미소동력기(101)가 구동변위 X_{in} 만큼 이동되면, 제2 질량체(M2)의 출력구동변위 X_{out} 은 입력구동변위 X_{in} 의 16분의 1이 되는 것을 쉽게 계산할 수 있다.

<77> 또한, 다수의 단위 디지털 미소동력기가 동시에 동작할 때의 출력에 대해 생각해 보도록 한다. 각각의 스프링은 선형적이므로, 다수의 단위 디지털 미소동력기가 동시에 동작할 경우에도 강성이 바뀌지 않는다. 이것은 다수의 단위 디지털 미소동력기가 동시에 동작해도, 하나의 단위 디지털 미소동력기가 동작할 때의 출력에 미치는 크기와 같다는 것을 의미한다.

<78> 따라서, 이 때의 출력구동변위는 각각의 단위 디지털 미소동력기가 단독으로 동작했을 때의 출력구동변위를 합산한 것으로 나타난다. 즉, 제1과 제3 및 제4의 단위 디지털 미소동력기(101, 103, 104)가 동작할 때의 출력구동변위는 입력구동변위 X_{in} 의 $(1/2+1/4+1/16)$ 배가 되고, 제2 및 제3의 단위 디지털 미소동력기(102, 103)가 동시에 동작할 때의 출력구동변위는 입력구동변위 X_{in} 의 $(1/4+1/8)$ 배가 된다.

<79> 그러므로, 이 실시예는 단위 디지털 미소동력기의 동작에 따라 0에서부터 $(15/16)X_{in}$ 까지 16 단계의 구동변위를 $(1/16)X_{in}$ 의 등간격으로 출력할 수 있다.

- <80> 또한 위의 실시예의 분해능은 단위 디지털 미소동력기의 개수와 기계적 미소변조기의 입력단의 개수를 늘림으로써 지수적으로 증가시킬 수 있다.
- <81> 이와 같이 작동하는 이 실시예는 다음과 같은 원인에 의한 최종출력의 변화가 적어 정밀도가 높은 구동이 가능하다.
- <82> 첫째로, 입력에너지에 오차가 섞여 있는 경우에도 최종출력이 변화하지 않는다. 이 실시예에서는 단위 디지털 미소동력기를 사용하여 초기 구동을 만들어내고, 이를 기계적으로 변조하여 출력하므로, 출력되는 미소동력은 디지털제어신호의 온오프식 스위칭 동작에만 영향을 받을 뿐이고, 입력에너지에 섞인 오차에 의한 출력변화가 존재하지 않게 된다.
- <83> 두 번째로, 미소동력장치의 제작 중에 제조공정 오차나 물성치 오차가 발생하여도, 최종출력의 변화가 크게 일어나지 않는다. 일단 미소제조공정의 특성상, 만들어진 개개의 소자마다의 제조공정 오차와 물성치 오차는 매우 크고 서로 다르게 나타나지만, 한 소자 내에서의 제조공정 오차와 물성치 오차는 크기는 하여도 동일하게 나타나게 된다. 즉, 이 실시예의 기계적 미소변조기는 동일한 모양과 동일한 치수를 가지는 한 종류의 스프링에 의해 구현되므로, 제조공정 오차와 물성치 오차에 의한 스프링의 강성변화는 한 소자 내에서 모두 동일한 비율로 일어나게 된다. 또한, 이 실시예에서 구동변위는 각 스프링의 강성의 절대적인 크기에 관계없이, 강성의 비(즉, 치수나 물리량의 비에 해당함)로 변조되게 되므로, 제조공정 오차와 물성치 오차가 일어나도 최종출력의 변화는 일어나지 않게 된다.
- <84> 이하, 도 6을 참조로 하여 유량을 최종 출력하는 미소동력장치를 설명한다.

- <85> 도 6은 본 발명의 제2 실시예에 따른 미소동력장치의 다른 실시예도이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 미소동력장치는 일정 단위의 압력을 발생시키는 단위 디지털 미소동력기(131 내지 133)로 구성된 미소동력발생부(100)와, 상기 단위 디지털 미소동력기의 출력인 압력을 입력받아 이를 기계적으로 변조하여 최종 출력하는 기계적 미소변조기(200)를 포함한다.
- <86> 여기서 본 실시예의 단위 디지털 미소동력기는 0혹은 P1의 압력만을 출력하는 디지털 방식으로 작동하게 된다. 이것은 정압 발생 장치와 on/off 밸브 등을 통하여 간단하게 구현될 수 있다. 또한, 모든 단위 디지털 미소동력기가 같은 크기의 구동출력(P1)을 내는 것이므로, 본 실시예는 동일한 종류와 동일한 치수의 단위 디지털 미소동력기로 구현될 수 있다.
- <87> 여기서, 기계적 미소변조기(220)는 다수의 유동저항(231~233)과 다수의 유로로 이루어져 있어, 입력된 압력을 유동저항에 의해 기계적으로 변조하여 유량을 최종적으로 출력하게 된다. 여기서 말하는 유동저항이란 미소동력장치에서 사용되는 유로에 비하여 유로의 폭을 매우 작게 축소하여 놓은 유로를 말하는데, 이렇게 구성된 유로를 통하여 유체가 흐를 때 대부분의 압력이 이 유동저항의 양단에 걸리게 된다.
- <88> 또한, 여기서 사용되는 유동저항은 한 종류(동일한 모양과 동일한 치수)이며, 2배, 4배, 8배 ... 등의 유동저항의 구현을 위해 한 종류의 유동저항을 직렬 혹은 병렬로 연결하여 기계적 미소변조기를 구현할 수 있다.
- <89> 이하, 도 6을 참조로 한 본 발명의 실시예의 동작을 설명하도록 한다.

- <90> 먼저 본 실시예의 출력단의 압력을 0이라고 하고, 단위 디지털 미소동력기는 작동할 때 P_1 , 작동을 하지 않을 때 0의 압력을 낸다고 하자.
- <91> 하나의 단위 디지털 미소동력기(131)가 동작하였을 경우를 살펴본다.
- <92> 저항값이 R_f 인 유동저항(231)의 양단에 P_1 의 압력차가 걸렸을 경우 흐르는 유량은 P_1/R_f 이므로, 최종 출력되는 유량의 크기는 P_1/R_f 가 된다. 상기 관계는 다른 단위 디지털 미소동력기가 동작할 경우에도 동일하게 적용되어, 132가 동작할 경우 $2P_1/R_f$, 133이 동작할 경우 $4P_1/R_f$ 의 유량이 최종 출력되게 된다. 또, 131, 132, 133에서부터 연결된 유로들의 유량이 모두 합산되어 최종 출력되게 되는 구조이므로, 예를 들어 131과 133이 동작할 경우 $(4+1)P_1/R_f$, 131과 132가 동작할 경우, $(2+1)P_1/R_f$ 의 유량을 최종 출력하게 된다.
- <93> 상기와 같이 본 실시예는 단위 디지털 미소동력기의 동작에 따라 0에서부터 $7P_1/R_f$ 까지 8가지의 유량을 P_1/R_f 간격으로 출력할 수 있다.
- <94> 또한 위의 실시예의 분해능은 단위 디지털 미소동력기의 개수와 기계적 미소변조기의 입력단의 개수를 늘림으로써 지수적으로 증가시킬 수 있다.
- <95> 이와 같이 작동하는 본 실시예는 입력신호에 섞여있는 오차, 제조공정 오차, 물성치 오차 등에 의한 최종출력의 변화가 적어 고정도 구동이 가능하다. 이것은 상기한 구동변위를 최종 출력하는 미소동력장치의 실시예와 같다.
- <96> 상기 미소동력장치는 상기 단위 디지털 미소동력기와 상기 기계적 미소변조기의 직렬 혹은 병렬 조합으로 구성되어 범위, 속도, 힘 등 최종출력의 특성을 조정할 수 있도록 복합, 다단식으로 고안될 수 있다.

- <97> 각각의 동작방식과 구동원리에 따라 단위 디지털 미소동력기가 출력할 수 있는 범위, 속도 및 힘 등 그 특성이 달라지므로 필요로 하는 특성에 맞는 동작방식과 변조원리를 선택함으로써 다양한 특성을 필요로 하는 미소동력장치를 제작할 수 있다.
- <98> 또한, 상기 단위 디지털 미소동력기와 상기 기계적 미소변조기의 조합으로 다자유도 구동을 하는 것을 특징으로 하는 미소동력장치를 제작할 수 있다.
- <99> 이하, 첨부한 도 7을 참조로 하여 본 발명의 제3 실시예에 따른 미소동력장치를 설명한다.
- <100> 도 7은 본 발명의 제3 실시예에 따른 미소동력장치의 실시예도로서, 상기 단위 디지털 미소동력기의 직렬 혹은 병렬 조합을 각기 다른 주파수와 시간특성을 갖는 디지털 신호로 구동하여 범위, 속도, 힘 등 최종출력의 특성을 조정할 수 있도록 한 것이다.
- <101> 도 7에 도시된 본 발명의 실시예에 따른 미소동력장치는 변위를 최종 출력하는 미소동력장치로서, 일정 단위의 구동변위를 발생시키는 하나의 단위 디지털 미소동력기(101)와, 하나의 스프링(201)과 하나의 질량체(M1)로 이루어진 스프링 메커니즘의 기계적 미소변조기(200)로 구성된다.
- <102> 여기에 충분한 시간 간격을 두고 두 개의 디지털 구동신호가 공급될 경우, 도 8에 도시된 바와 같이 두 개의 분리된 최종 출력(구동 변위)을 얻게 된다.
- <103> 그러나, 매우 짧은 시간 간격을 두고 두 개의 디지털 구동신호가 공급될 경우, 도 9에 도시된 바와 같이 한 개의 큰 최종출력을 얻게 된다.

<104> 따라서, 본 발명의 미소동력장치는 입력되는 디지털 신호의 시간특성을 조절함으로써 최종출력의 범위를 조정할 수 있게 된다.

<105> 이상에서 본 발명에 대한 기술사상을 첨부도면과 함께 서술하였지만 이는 본 발명의 바람직한 실시예를 예시적으로 설명한 것이지 본 발명을 한정하는 것은 아니다. 또한, 이 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 본 발명의 기술사상의 범주를 이탈하지 않는 범위 내에서 다양한 변형 및 모방이 가능함은 명백한 사실이다.

【발명의 효과】

<106> 본 발명은 고정도 미소에너지의 재현성 있는 발생이 가능하고, 범위, 속도, 힘 등 최종출력의 특성을 조정할 수 있다. 또한, 신호발생부가 포함된 미소동력시스템을 구현하였을 경우 디지털/아날로그 변환기 없이 구현이 가능하다는 효과가 있다.

【특허청구범위】**【청구항 1】**

제어신호에 따라 미소에너지를 출력하는 미소동력장치에 있어서,
디지털 입력 신호에 부합하는 미소에너지를 발생시키는 미소동력발생부 및,
상기 미소동력발생부에서 발생된 미소에너지를 기계적으로 변조하여 최종 출력하는
기계적 미소변조기를 포함하고,

상기 미소동력발생부는 항상 일정하게 유지되는 서로 다른 두 개의 미소에너지 중
어느 하나의 미소에너지를 상기 디지털 입력신호에 따라 선택적으로 발생시키게 구성된
단위 디지털 미소동력기가 적어도 하나 이상 포함된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서,

상기 기계적 미소변조기는 상기 다수의 단위 디지털 미소동력기에서 발생된 미소에
너지를 개별적으로 변조하고, 그렇게 변조하여 얻어진 미소에너지를 합하여 출력하게 구
성된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 3】

청구항 2에 있어서,

상기 다수의 단위 디지털 미소동력기들은 동일한 크기의 단위 미소에너지를 발생시
키게 구성되며, 상기 기계적 미소변조기는 상기 다수의 단위 디지털 미소동력기에서 발
생된 단위 미소에너지들을 서로 다른 크기의 변조율로 변조하게 구성된 것을 특징으로
하는 미소동력장치.

【청구항 4】

청구항 3에 있어서,

상기 디지털 미소동력기에서 발생하는 미소에너지는,

힘, 변위, 속도, 운동량, 압력, 유량, 유속, 온도, 열, 열유동, 반응 에너지 중 하나인 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 5】

청구항 4항에 있어서,

상기 단위 디지털 미소동력기는,

출력하는 미소에너지의 종류에 따라 정전, 압전, 전자기, 열팽창, 상변화 중 하나를 이용하여 동력을 발생하는 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 6】

청구항 2에 있어서,

상기 미소동력발생부는 N개의 단위 디지털 미소동력기를 포함하며,

상기 기계적 미소변조기는 상기 N개의 단위 디지털 미소동력기의 각각에서 발생된 미소 에너지를 변조시켜 미소동력을 얻는 2N개의 변조요소 및 그러한 변조요소로 얻어진 미소동력을 출력하는 N개의 출력 스테이션을 포함하고,

제 1 변조요소의 일단과 제2 변조요소의 일단은 제1 출력스테이션에 대해 서로 병렬관계로 연결되어 있으며,

I를 3부터 N까지의 홀수라고 정의한다면, $iqjsWo$ 변조요소의 일단은 $[(i-1)/2]$ 번째의 출력 스테이션을 매개로 하여 $[i-1]$ 번째 및 $[i-2]$ 번째의 변조요소들과 서로 직렬로 연결되어 있고,

I 번째 변조요소의 타단과 $[i-1]$ 번째 변조요소의 일단은 $[(i+1)/2]$ 번째의 출력 스테이션에 대해 서로 병렬관계로 연결되어 있으며,

상기 제1 변조요소의 타단은 고정되어 있고,

상기 N개의 단위 디지털 미소동력기는 상기 $[i+1]$ 번째 변조요소의 타단과 하나씩 연결되어 미소동력을 입력하게 구성된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 7】

청구항 6에 있어서,

상기 기계적 미소변조기는 상기 N개의 출력 스테이션에서 얻어진 미소에너지를 합해서 함께 출력하게 구성된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 8】

청구항 6 또는 7에 있어서,

상기 I번째 변조요소의 변조율은 상기 $[i-1]$ 번째 및 $[i-2]$ 번째의 변조요소들의 변조율의 조합치를 계산한 값과 동일하고,

상기 $[i+1]$ 번째 변조요소의 변조율은 상기 I번째 변조요소 및 상기 I번째 변조요소와 직렬관계로 연결된 모든 변조요소들의 변조율의 조합치를 계산한 값과 동일한 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 9】

청구항 8에 있어서,

상기 변조요소는 스프링이고,

상기 단위 디지털 미소동력기는 제어신호값에 따라 제1 위치와 제2 위치 사이에서 변위함으로써 상기 스프링에 변형력을 가하게 구성된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 10】

청구항 1에 있어서,

상기 미소동력발생부는 N개의 단위 디지털 미소동력기를 포함하며,

상기 기계적 미소변조기는 상기 N개의 단위 디지털 미소동력기의 각각에서 발생된 미소에너지를 변조시켜 미소에너지를 얻는 N개의 변조요소 및 그러한 변조요소에 얻어진 미소에너지를 출력하는 하나의 출력 스테이션을 포함하고,

상기 N개의 단위 디지털 미소동력기는 상기 N개의 변조요소의 일단에 하나씩 연결되어 미소에너지를 입력하게 구성되며,

상기 N개의 변조요소의 타단은 상기 출력 스테이션에 대해 서로 병렬관계로 연결되어 있는 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 11】

청구항 10에 있어서,

상기 단위 디지털 미소동력기는 상기 디지털 제어신호값에 따라 제1 압력과 제2 압력 중에서 하나를 출력하게 구성되고,

상기 변조요소는 상기 단위 디지털 미소동력기에서 출력되는 압력을 감압하여 상기 출력 스테이션으로 제공하게 구성된 유동저항인 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 12】

청구항 11에 있어서,

상기 변조요소의 각각은 2의 배수로 증가하는 감압율 중의 어느 한 감압율을 갖는 유동저항인 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 13】

청구항 11 또는 12에 있어서,

상기 유동저항은 동일한 유로반경을 갖는 하나 이상의 유로로 형성된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 14】

청구항 1에 있어서,

상기 단위 디지털 미소동력기는 제어신호값에 따라 제1 위치와 제2 위치 사이에서 변위하게 구성된 하나의 변위기이고,

상기 기계적 미소변조기는 일단이 상기 변위기에 연결된 하나의 스프링 및 상기 스프링의 타단에 연결된 하나의 질량체로 구성된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 15】

청구항 1에 있어서,

상기 기계적 미소변조기는,

상기 단위 디지털 미소동력기로부터 인가되는 미소에너지의 종류에 따라 미소구조물, 미소기구, 미소유체요소, 미소열요소, 미소화학요소 중 하나를 이용하여 상기 미소 에너지를 기계적으로 변조하는 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【청구항 16】

청구항 1항에 있어서,

상기 기계적 미소변조기에 의한 기계적 변조는 단속, 증폭, 감축, 여과, 디지털/아날로그 변환 또는 아날로그/디지털 변환, 정류중 하나인 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

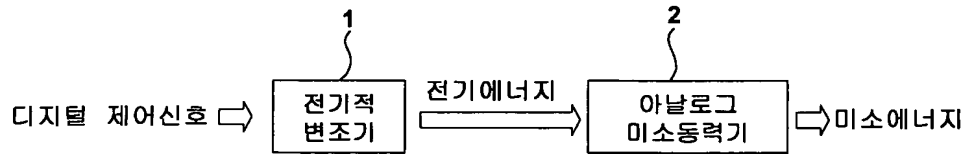
【청구항 17】

청구항 1에 있어서,

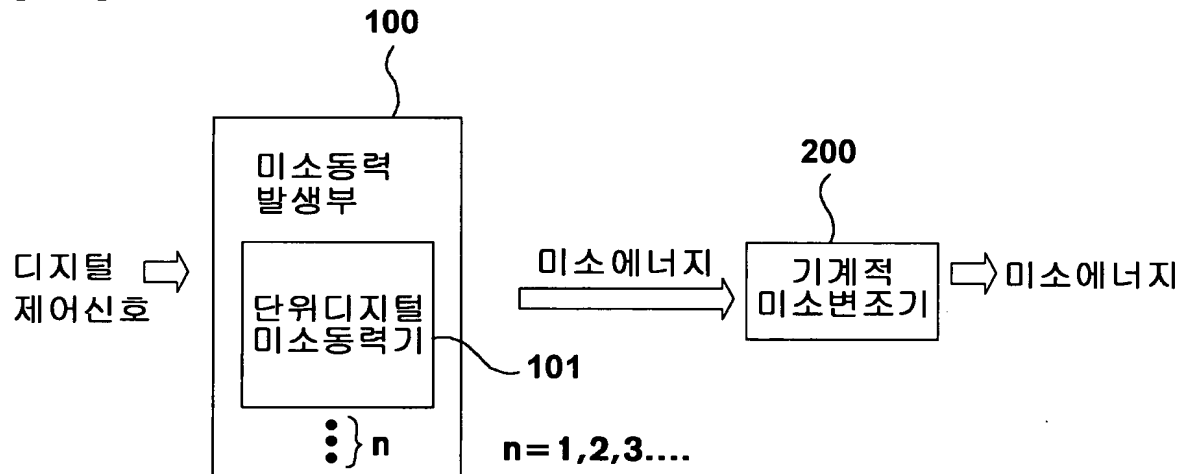
상기 단위 디지털 미소동력기 혹은 상기 기계적 미소변조기 중 일부 혹은 전부가 동일한 제조공정 오차 혹은 동일한 물성치 오차에 의한 최종출력의 변화가 상쇄되게끔, 관련 치수나 물리량의 절대적인 크기가 아니라 치수나 물리량의 비로 동력이 발생 혹은 변조되도록 세부구조나 치수가 고안된 것을 특징으로 하는 미소동력장치.

【도면】

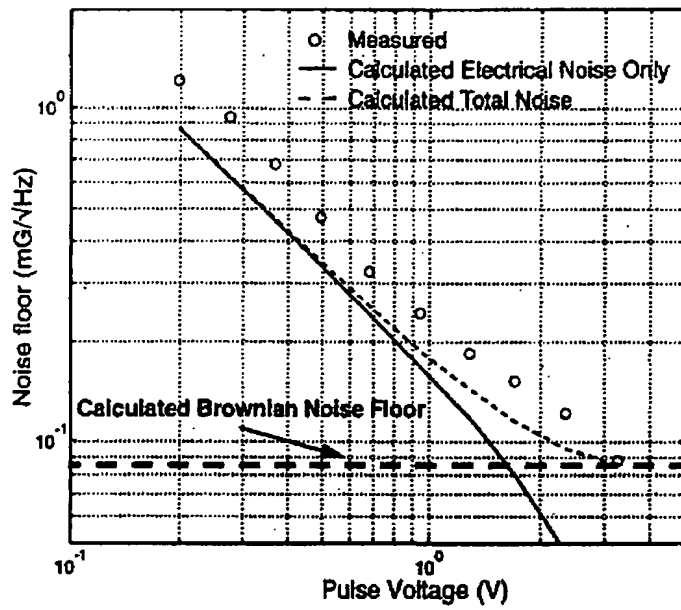
【도 1】



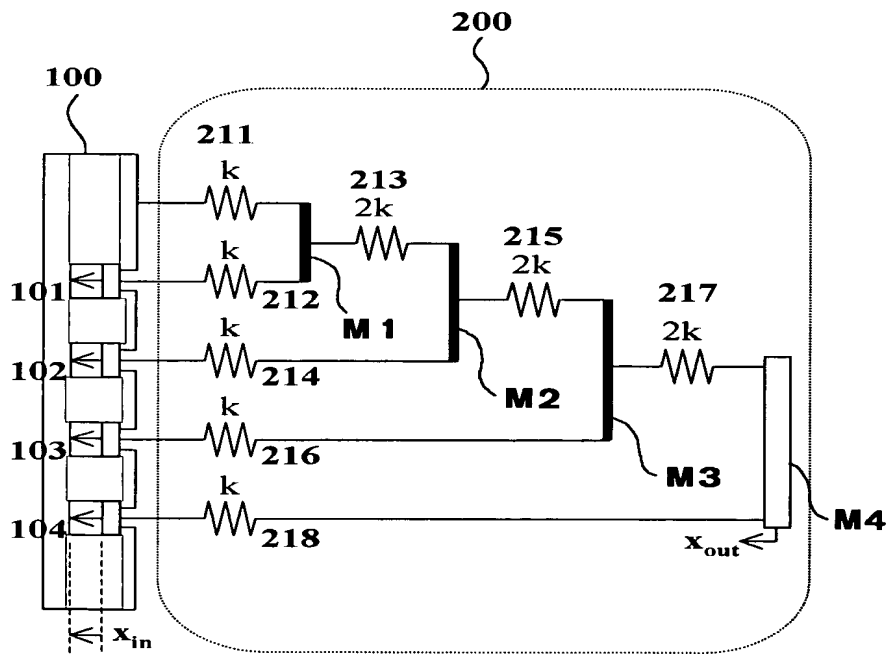
【도 2】



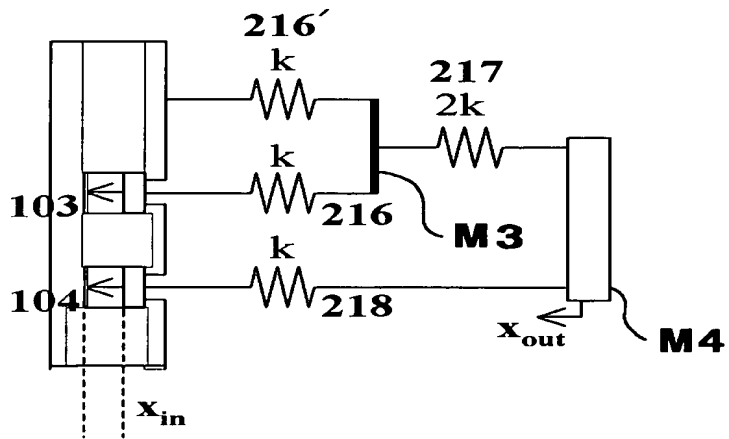
【도 3】



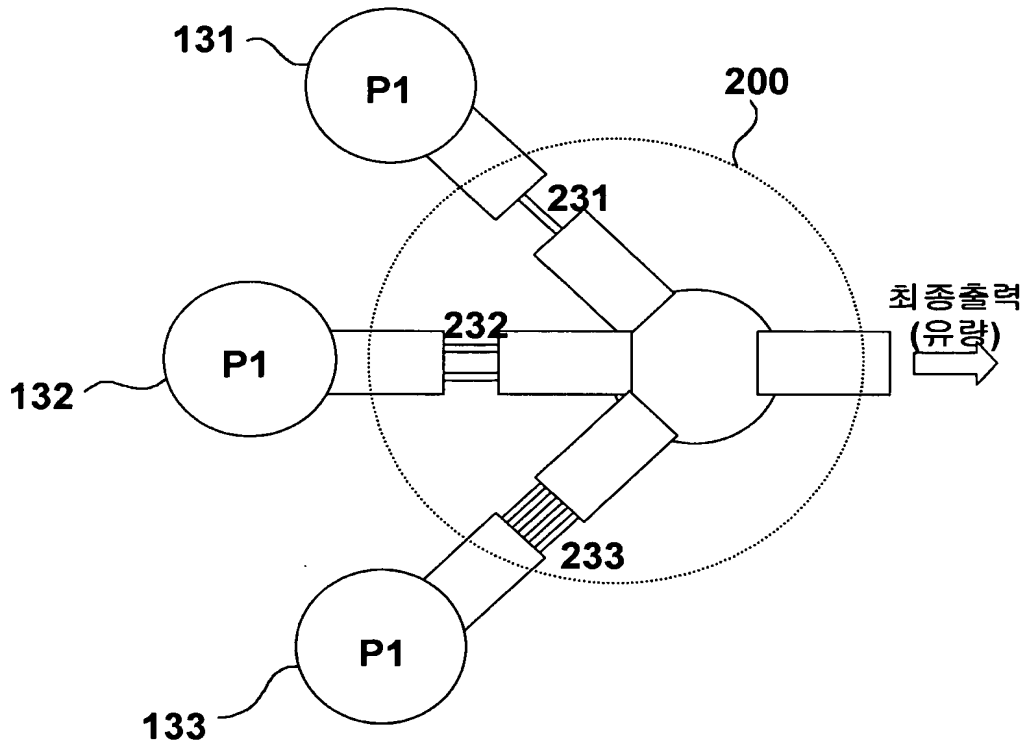
【도 4】



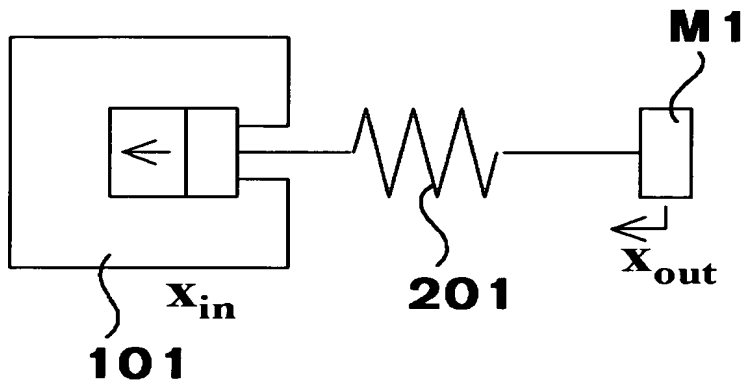
【도 5】



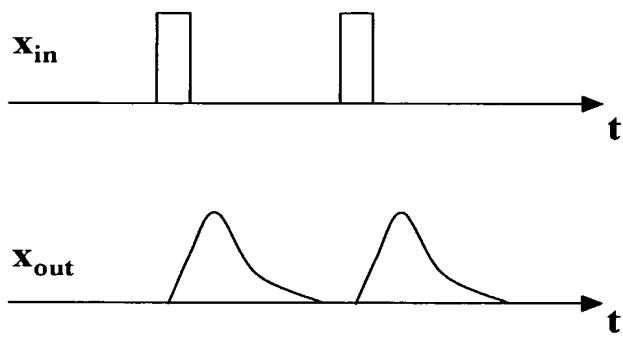
【도 6】



【도 7】



【도 8】



【도 9】

